



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0064846
Application Number

출원년월일 : 2003년 09월 18일
Date of Application SEP 18, 2003

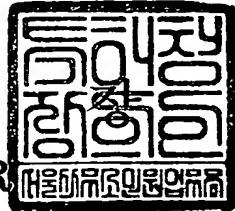
출원인 : 학교법인 한양학원
Applicant(s) HANYANG HAK WON CO., LTD.



2003년 10월 02일

특허청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2003.09.18
【국제특허분류】	G01R 31/12
【국제특허분류】	G01R 31/08
【발명의 명칭】	하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서
【발명의 영문명칭】	HYBRID TYPE High Frequency Partial Discharge sensing apparatus
【출원인】	
【명칭】	학교법인 한양학원
【출원인코드】	2-1998-096893-2
【대리인】	
【명칭】	특허법인씨엔에스
【대리인코드】	9-2003-100065-1
【지정된변리사】	손원 ,함상준
【포괄위임등록번호】	2003-057415-2
【발명자】	
【성명의 국문표기】	구자윤
【성명의 영문표기】	KOO, Ja Yoon
【주민등록번호】	510207-1037511
【우편번호】	137-759
【주소】	서울특별시 서초구 방배본동 삼호아파트 13동 603호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김지홍
【성명의 영문표기】	KIM, Jee Hong
【주민등록번호】	730813-1030053
【우편번호】	425-791
【주소】	경기도 안산시 사1동 한양대학교 제3공학관 218호
【국적】	KR

【우선권주장】

【출원국명】	KR
【출원종류】	특허
【출원번호】	10-2002-0061712
【출원일자】	2002.10.10
【증명서류】	첨부

【공지예외적용대상증명서류의 내용】

【공개형태】	간행물 발표-'03 Jicable 절연된 전력케이블에 대한 6회 국제회의
【공개일자】	2003.06.20
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인 특허법인씨엔에스 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	20 면	20,000 원
【우선권주장료】	1 건	26,000 원
【심사청구료】	13 항	525,000 원
【합계】	600,000 원	
【감면사유】	학교	
【감면후 수수료】	313,000 원	

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통
2. 우선권증명서류 및 동 번역문[출원과 기제출]_1통
3. 공지예외적용대상(신규성상실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받 기 위한 증명서류['03 Jicable 절연된 전력케이블에 대한 6회 국제회의]_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 전원노이즈 및 주변 노이즈 성분에 영향을 받지 않고, 높은 신호대잡음비로 고주파 부분방전을 검출할 수 있으며, 절연파괴(breakdown) 시 테스트의 안전을 도모할 수 있는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 관한 것으로서, 본 발명에 의한 센서는 다른 임피던스를 갖는 2개 혹은 3개의 신호경로를 구현하여, 저 주파의 전원신호는 제1경로를 통해 접지로 바이패스시키고, 고주파의 부분방전 전류를 제2경로로 흐르도록 한 후, 저항을 통해 전압 성분으로 검출하고, 또한 절연파괴에 의해 유입된 서지전압을 제3의 경로를 통해 접지로 인가함으로서, 노이즈나 서지전압의 영향없이 정확하고 안정되게 고주파 부분방전량을 검출하도록 한 것이다.

【대표도】

도 1

【색인어】

부분방전(Paritital Discharge), CT(current transformer) 센서, 션트(shunt) 센서, 전원노이즈, 오실레이션, 절연파괴(breakdown), 임피던스(impedance)

【명세서】**【발명의 명칭】**

하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서{HYBRID TYPE High Frequency Partial Discharge sensing apparatus}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 제1실시예에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서를 보인 회로도이다.

도 2는 상기 도 1에 도시된 센서의 등가회로도이다.

도 3은 본 발명의 제2실시예에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출센서의 회로도이다.

도 4a 및 도 4b는 상기 도 3에 보인 센서의 등가회로도이다.

도 5a는 주파수대비 유도성 리액턴스, 도 5b는 주파수대비 용량성 리액턴스, 도 5c는 주파수 대비 임피던스의 변화를 나타낸 그래프이고, 도 5d는 실제 임피던스의 보데선도이다.

도 6은 본 발명에 의한 하이브리드형 부분방전 검출 센서의 방전량 대비 출력전압을 보인 그래프이다.

도 7은 본 발명에 의한 하이브리드형 부분방전 검출센서의 방전량별 주파수 대비 출력전압을 나타낸 그래프이다.

도 8의 (a),(b)는 본 발명에 의한 센서로 측정된 배경잡음과 유중 코로나 방전을 보인 그래프이다.

도 9의 (a) 내지 (f)는 본 발명에 의한 센서에서의 방전량별 응답특성을 보인 오실로스 코프화면이다.

도 10은 본 발명에 의한 센서에서 유중 코로나 방전의 단일샷(single shot) 측정 결과를 보인 것이다.

도 11의 (a) ~ (c)는 본 발명에 의한 하이브리드형 센서의 측정신호에 대한 시간별 스펙트럼도이다.

도 12는 침대평판 전극을 이용한 코로나 방전 측정 실험도이다.

도 13은 기존의 PD사의 CT센서와 본 발명에 의한 센서의 감도를 비교한 것이다.

도 14은 기존의 PD사의 CT센서와 본 발명에 의한 센서의 코로나 방전 측정 결과를 보인 것이다.

도 15는 전동기의 부분 방전 측정 실험도이다.

도 16은 본 발명에 의해 50마력의 전동기의 고주파 부분방전을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

도 17는 본 발명에 의해 전동기의 고정자에서 고주파 부분방전을 측정한 결과를 보인 것이다.

도 18의 (a)~(c)는 각각 종래의 CT 센서, 션트 센서, 및 본 발명에 의한 센서 각각의 방전량 별 주파수와 출력신호와의 관계를 보인 그래프이다.

도 19는 종래의 CT형 센서 및 션트형 센서와 본 발명에 의한 센서의 방전량대비 응답특성을 비교한 그래프이다.

도 20의 (a)~(c)는 종래의 CT형 센서 및 션트형 센서와 본 발명의 하이브리드형 센서 별
유중 코로나 방전 측정결과를 비교한 것이다.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

11 : 제1 측정단자

12 : 제2 측정단자

13, 14 : 제1, 2 출력단자

L1, L2 : 제1, 2 인덕터

C1 : 캐패시터

R1 : 저항

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<28> 본 발명은 전력기기의 절연상태를 진단하는데 요구되는 부분방전량을 검출하는 센서에
관한 것으로서, 보다 상세하게는 전원노이즈 및 주변 노이즈에 영향을 받지 않고 또한 절연파
괴(breakdown)에 의한 큰 서지전압이 유입되더라도 안전하게, 수 μ V ~ 수백 μ V의 고주파 부분
방전량을 높은 신호대 잡음비로 검출할 수 있는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 관한
것이다.

<29> 일반적으로, 전력설비의 절연 상태 진단은 전력설비에서 방사되는 부분방전을 분석함으
로서 이루어진다. 그런데, 부분방전은 신호의 크기가 수 μ V ~ 수백 μ V로 매우 작기에 외부 노
이즈 유입이 매우 쉽다. 따라서, 외부노이즈 유입이 적은 고주파 대역에서 측정을 하여 신호대

잡음비 (S/N)를 높인 고주파 부분방전(HFPD : High Frequency Partial Discharge)에 대한 연구가 진행되고 있다.

<30> IEC270에서 규정하고 있는 부분 방전 검출 방식은 커플링 커패시터를 이용하여 시험대상물에서 발생하는 미소한 부분방전 전류를 커플링 커패시터 쪽으로 유도하여 접지측 단자에서 측정하도록 하고 있는데, 이때, 커플링 커패시터의 용량은 샘플의 커패시터 용량의 두 배 이상으로 규정하고 있다. 그런데, 실제 측정 대상물의 커패시턴스가 큰 경우가 많기 때문에, 커플링 커패시턴스 용량의 한계로 인해 부분방전 전류를 측정하기 어려워지고, 더불어 실험 장치의 거대화와 많은 투자비용을 요구하게 된다는 문제점이 있다.

<31> 상기 고주파 부분방전 측정 센서는 유도성, 용량성, 또는 저항성 센서 또는 안테나등 용도에 따라 다양하게 제시되어 있으며, 이로부터 얻은 신호와 주위 노이즈용 안테나에 포착된 신호 또는 신호의 전파 방향을 고려하고 부분방전을 패턴을 컴퓨터로 분석하여, 순수한 부분방전 신호를 추출하도록 되어 있다.

<32> 기존에 가장 많이 사용하는 고주파 부분방전 센서로는 CT형 센서와 션트(Shunt)형 센서를 들 수 있다.

<33> CT형 센서는 비접촉식으로, 공진점(f_c)을 이용하기 때문에 특정한 주파수대역의 S/N비는 높지만, 진동(oscillation)이 발생되어 감도(sensitivity)가 떨어진다는 단점이 있다.

<34> 션트형 센서는 가장 이상적인 정확도를 지니고 있지만, 절연파괴(breakdown)가 발생되었을 때, 큰 서지전압이 센서의 입력단에 유기되어 테스트 시스템이 파손될 수 있으며, 전원노이즈가 유입된다는 단점이 있다. 또한, 이론상으로는 전대역의 주파수를 검출하지만, 실제로는 고주파로 갈수록 부유 커패시턴스와 리드와이어에 의한 인덕턴스에 의하여 자가공진

(self-resonant)이 발생되어 고주파에서의 임피던스가 높게지기 때문에, 고주파 대역에서의 측정이 어렵다는 단점이 있다. 더구나, 션트의 저항값이 높을 수록 전원주파수는 보다 크게 나타나, 신호대 잡음비가 낮아진다. 따라서, 종래 션트형 센서의 경우, 적절한 션트의 저항값과 전원주파수 유입에 대한 대책이 필요하다는 단점이 있었다.

<35> 이와 같이, 종래에 제안된 고주파 부분방전 검출 센서는 많은 문제를 가지고 있기 때문에, 실제의 현장에 적용하기가 어려웠다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<36> 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로서, 그 목적은 전원노이즈 및 주변 노이즈에 영향을 받지 않고 또한 절연파괴(breakdown)에 의한 큰 서지전압이 유입되더라도 안전하게, 수 mV ~ 수백 mV의 고주파 부분방전량을 높은 신호대 잡음비로 검출할 수 있는 하이브리드 고주파 부분방전 검출 센서를 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<37> 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위한 한 구성수단으로서, 전력기기의 고주파 부분방전을 검출하는 센서에 있어서, 검사 대상 전력기기의 측정점에 전기적으로 연결되어 검사대상 전원신호가 입력되는 제1측정단자; 접지에 연결되어 검사대상 전원신호가 출력되는 제2측정단자; 상기 제1측정단자와 제2측정단자 사이에 구비되고, 유도성 리액턴스 성분을 포함하는 낮은 임피던스로 구현되어 저주파 신호가 통과하는 제1경로를 형성하는 제1 임피던스 형성부; 상기

제1측정단자에 연결되고, 용량성 리액턴스 성분을 포함하는 높은 임피던스값을 갖고 있어 고주파의 부분방전 전류가 통과하는 제2경로를 형성하는 제2 임피던스 형성부; 상기 제2임피던스 형성부와 제2측정단자 사이에 직렬로 연결되어 제2경로로 통과하는 고주파 부분방전 전류량을 소정 형태의 측정신호로 변환하는 검출부; 및, 상기 검출부에서 검출된 소정 형태의 +/-측정신호가 각각 출력되는 제1,2 측정신호 출력단자로 이루어지는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서를 제공한다.

<38> 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 있어서, 제1 임피던스 형성부는 상기 제1,2 측정단자에 그 양단이 연결되고, 소정 인덕턴스의 인덕터로 이루어질 수 있다.

<39> 또한, 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 있어서, 상기 제2 임피던스 형성부는 리드선이 없는 세라믹 캐패시터로 이루어질 수 있다.

<40> 또한, 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 있어서, 상기 검출부는 상기 제2임피던스 형성부와 제2측정단자사이에 구비되는 리드선이 없는 칩저항으로 구현할 수 있다.

<41> 또한, 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서는 상기 제1,2 임피던스 형성부와 제2측정단자의 사이에 더미 인덕턴스를 더 구비하여, 접지노이즈를 저감시킬 수 있다.

<42> 또한, 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 있어서, 상기 제2 임피던스 형성부를 구현하는 세라믹 캐패시턴스는 내압이 10kV 이상인 것이 바람직하다.

<43> 본 발명은 상술한 목적을 달성하기 위한 다른 구성수단으로서, 전력기기의 고주파 부분방전을 검출하는 센서에 있어서, 검사 대상 전력기기의 측정점에 전기적으로 연결되어 검사대상 전원신호가 입력되는 제1측정단자; 접지에 연결되어 검사대상 전원신호가 출력되는 제2측정단자; 상기 제1측정단자와 제2측정단자 사이에 구비되고, 유도성 리액턴스 성분을 포함하는 낮은 임피던스로 구현되어 저주파 신호가 통과하는 제1경로를 형성하는 제1 임피던스 형성부; 상기 제1측정단자에 연결되고, 용량성 리액턴스 성분을 포함하는 높은 임피던스값을 갖고 있어 고주파의 부분방전 전류가 통과하는 제2경로를 형성하는 제2 임피던스 형성부; 상기 제2임피던스 형성부와 제2측정단자 사이에 직렬로 연결되어 제2경로로 통과하는 고주파 부분방전 전류량을 소정 형태의 측정신호로 변환하는 검출부; 상기 검출부에서 검출된 소정 형태의 +/-측정신호가 출력되는 제1,2 측정신호 출력단자; 및, 상기 제1측정단자와 제2측정단자사이에 구비되고, 용량성 리액턴스로 이루어진 높은 임피던스를 형성하여 서지전류와 같은 초고주파 신호가 통과하는 제3경로를 형성하는 제3임피던스 형성부로 이루어지는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서를 제공한다.

<44> 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 있어서, 상기 제1 임피던스 형성부는 상기 제1,2 측정단자에 그 양단이 연결되는, 소정 인덕턴스의 인덕터로 이루어 질 수 있다.

<45> 또한, 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 있어서, 상기 제2 임피던스 형성부는 리드선이 없는 세라믹 캐패시터로 구현될 수 있다.

<46> 또한, 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 있어서, 상기 검출부는 상기 제2임피던스 형성부와 제2측정단자사이에 구비되는 리드선이 없는 칩저항으로 구현될 수 있다.

<47> 또한, 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서는 상기 제1,2 임피던스 형성부와 제2측정단자의 사이에 더미 인덕턴스를 더 구비하여, 접지노이즈를 저감시킬 수 있다.

<48> 또한, 상기 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서에 있어서, 상기 세라믹 캐패시턴스는 내압이 10kV 이상인 것이 바람직하다.

<49> 더하여, 본 발명은 이상에 기재된 본 발명의 고주파 부분방전 검출센서를 검사대상체와 접지사이에 연결하는 단계; 및, 상기 고주파 부분방전 검출센서의 검출부로부터 출력된 출력전압 y 로부터 다음의 수학식에 의하여, $y = 3.4877x + 3.0437$ 에 의하여, 방전량 x 를 산출하는 단계로 이루어지는 고주파 부분방전 검출센서를 이용한 부분방전량 검출 방법을 제공한다.

<50> 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서의 구성 및 작용에 대하여 상세하게 설명한다.

<51> 도 1은 본 발명에 의한 하이브리드형 부분방전 검출 센서의 제1실시예를 보인 회로도이다. 상기 도시된 센서(10)는 검사대상 전력기기에 접속되어 전원신호가 입력되는 제1측정단자(11)와, 접지에 연결되는 제2측정단자(12)와, 상기 제1측정단자(11)와 제2측정단자(12)의 사이에 구비되어 제1인덕터(L1)와, 상기 제1측정단자(11)와 제2측정단자(12)의 사이에 구비되고어 제1측정단자(11)로 입력된 신호중 저주파의 전원신호를 제2측정단자(12)로 흐르게 하는 제1인덕터(L1)와, 상기 제1측정단자(11)와 제2측정단자(12)의 사이에 구비되어 제1인덕터(L1)로 입력된 신호중 고주파의 미세한 부분방전 신호가 통과되는 캐패시터(C1)와, 상기 캐패시터(C1)와 직렬로 연결되어 상기 캐패시터(C1)와 제1인덕터(L1)의 결합에 의한 공진점을 결정하는 저항(R1)과, 상기 제1인덕터(L1) 및 저항(R1)과 제2측정단자(12)의 사이에 구비되어

접지노이즈의 유입을 제저하는 더미용 제2인덕터(L2)와, 상기 저항(R1)의 양단에 걸리는 고주파 부분방전 전류의 크기에 대응하는 전압이 출력되는 제1,2출력단자(13,14)로 구성된다.

<52> 도 2는 상기 도 1에 보인 센서의 등가회로로서, Vin은 제1,2측정단자(11,12)에 걸리는 입력 전압이고, sL1, sL2는 각각 제1,2인덕터(L1,L2)에 의한 임피던스값을, 1/sC1은 캐패시터(C1)의 임피던스를, R1은 저항(R1)의 임피던스에 대응된다.

<53> 상기와 같이 구성된 본 발명의 센서는 임피던스의 차를 이용하여 저주파수의 전원노이즈 신호와 고주파의 부분방전신호를 위한 2개의 신호 경로를 구현하여 고주파 부분방전 측정시 전원노이즈에 의한 영향을 저감시킨 것이다.

<54> 다음으로, 도 3은 본 발명에 의한 하이브리드형 고주파 부분방전 검출센서의 제2실시예를 보인 회로도로서, 상기 센서(20)는 검사대상 전력기기에 접속되어 전원신호가 입력되는 제1측정단자(11)와, 접지에 연결되는 제2측정단자(12)와, 상기 제1측정단자(11)와 제2측정단자(12)의 사이에 구비되어 제1인덕터(L1)와, 상기 제1측정단자(11)와 제2측정단자(12)의 사이에 구비되고어 제1측정단자(11)로 입력된 신호중 저주파의 전원신호를 제2측정단자(12)로 흐르게 하는 제1인덕터(L1)와, 상기 제1측정단자(11)와 제2측정단자(12)의 사이에 구비되어 제1측정단자(11)로 입력된 신호중 고주파의 미세한 부분방전 신호가 통과되는 캐패시터(C1)와, 상기 캐패시터(C1)와 직렬로 연결되어 상기 캐패시터(C1)와 제1인덕터(L1)의 결합에 의한 공진점을 결정하는 저항(R1)과, 상기 제1인덕터(L1) 및 저항(R1)과 제2측정단자(12)의 사이에 구비되어 접지노이즈의 유입을 제저하는 더미용 제2인덕터(L2)와, 상기 저항(R1)의 양단에 걸리는 고주파 부분방전 전류의 크기에 대응하는 전압이 출력되는 제1,2출력단자(13,14)와, 상기 제1측정단자(11)와 제2측정단자(12)의 사이에 연결되며 상기 캐패시터(C1) 및 제1,2인덕터(L1,L2)에 병렬로 연결되어 초고주파의 서지전압을 통과시키는 제2캐패시터(C2)로 구성된다.

<55> 상기 도 3에 보인 제2실시예는, 임피던스의 차이를 통해 상술한 제1실시예의 센서에 절연파괴에 의해 유입될 수 있는 서지전압이 통과하는 제3의 신호경로가 더 구현된다.

<56> 도 4a는 상기 도 3에 보인 센서(20)의 등가회로로서, 도 2와 마찬가지로 V_{in} 은 제1,2 측정단자(11,12)에 걸리는 입력 전압이고, $sL1$, $sL2$ 는 각각 제1,2인덕터($L1, L2$)에 의한 임피던스값을, $1/sC1$ 은 제1캐패시터($C1$)의 임피던스를, $R1$ 은 저항($R1$)의 임피던스에 대응되며, $1/sC2$ 는 제2캐패시터($C2$)의 임피던스를 나타낸다. 그리고, 도 4b는 상기 도 3의 회로를 더 간략화시킨 등가회로로서, 여기서, Z_{ab} 는 상기 제2인덕터($L1$), 제1캐패시터($C1$), 저항($R1$)에 의한 임피던스를 나타낸다.

<57> 상기, 도 1 내지 도 4a,b에 있어서, 동일한 부호로 표시된 수단은 동일한 기능을 수행하는 것이며, 이하 상기 회로의 작용을 설명한다.

<58> 이상과 같은 구성에 있어서, 제1인덕터($L1$)는 유도성 리액턴스에 의하여 낮은 임피던스를 형성하여, 저주파수의 전원신호(60Hz)에 대한 신호경로를 형성한다. 여기서, 유도성 리액턴스(X_L)는 $X_L = 2\pi fL$ (여기서, f 는 신호의 주파수이고, L 은 인덕턴스값이다)로서, 도 5a에 도시된 바와 같이, 주파수에 비례하여 변화된다. 따라서, 저주파수의 신호에 대해서는 낮은 임피던스가 형성되어 저주파수 신호는 통과되고, 고주파신호에 대해서는 높은 임피던스가 형성되어 고주파신호는 통과되지 못한다.

<59> 다음으로, 상기 캐패시터($C1$)는 높은 임피던스를 형성하는 부분으로서, 고주파 부분방전 전류에 대한 신호경로를 형성한다. 일반적으로, 용량성 리액턴스(X_C)는 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ (여기에서, f 는 주파수이고, C 는 캐패시터($C1$)의 캐패시턴스 값이다)로서, 도 5b에 도시된 바와 같이, 주파수에 반비례하여 변화되므로, 저주파수에 대해서는 임피던스가 커지고 고주파수에 대해서 임피던스가 작아진다. 따라서, 상기 캐패시터($C1$)에 의해 저주파수의 전원신호 또는 잡음은 저지

되고, 고주파의 부분방전 전류만이 통과되며, 이 전류의 크기에 대응하는 전압이 저항(R1)의 양단에 발생되고, 이는 상기 저항(R1)의 양단에 연결된 제1,2출력단자(13,14)를 통해 고주파 부분방전 검출신호로서 출력된다.

<60> 이때, 상기 캐패시터(C1)는 사고시의 대전류 유입을 방지하기 위하여 내압이 10kV이상의 세라믹 캐패시터로 구현하는 것이 바람직하고, 임피던스를 크게 구분지어 계측단 유입을 최소화한다.

<61> 일반적으로, 저항은 주파수에 무관한 일정한 임피던스를 나타내지만, 상기 도 1에서 제1 인덕터(L1), 캐패시터(C1)와, 저항(R1)이 결합된 RLC 회로에서 도 5c에 도시된 바와 같이 공진 점 Q 팩터(factor)를 결정짓는다.

<62> 또한, 상기 구성에 있어서, 고주파 대역에서는 저항의 리드선의 기생성분에 의한 특정한 임피던스를 가지게 됨으로서, 이에 대한 문제를 해결할 수 있도록 리드선이 없는 칩형태의 저항을 사용한다.

<63> 도 5c에 도시된 바와 같이, R, L, C의 주파수에 대한 임피던스 특성 그래프의 교차점에서 공진현상이 나타내며, 따라서, 상기 공진주파수대역의 고주파 부분방전신호에 대한 민감도가 더 높아진다.

<64> 도 5d는 실제 임피던스의 보데선도(bode-plot)로서, 저항(R1)의 저항값이 f_0 의 값보다 클 경우에는 $Q = R/R_0$ 만큼의 공진이 발생하게 되며, 반대로 저항값이 f_0 의 값보다 작을 경우에는 $Q = R/R_0$ 만큼 아래로 처지는 Q값을 가지게 된다.

<65> 따라서, 상기 도 1에 보인 하이브리형 부분방전 검출 센서(10)는 전원주파수를 포함한 낮은 주파수의 노이즈 성분을 제1인덕터(L1)을 지나는 저주파수 경로를 타고 접지로 유입되고, 고주파 부분방전신호는 캐패시터(C1)을 통해 유입되어 저항(R1)의 양단에서 측정된다.

<66> 그리고, 상기 제2인덕터(L2)는 접지노이즈의 유입을 저지시키기 위한 것으로서, 측정단자의 더미 인덕턴스 기능을 수행한다. 그리고, 사고시 대전류가 상기 제1,2인덕터(L1, L2)의 저주파 경로로 흐르도록 하여 계측기의 영향을 최소화한다.

<67> 상기 하이브리형 부분방전 검출 센서는 션트(Shunt)형 센서의 문제점인 60Hz의 전원노이즈 유입을 방지할 수 있게 되고, 또한, 측정하고자 하는 주파수 대역에 대한 감도를 높일 수 있으며, 그 결과 측정시 S/N 비를 높힐 수 있다.

<68> 여기서, 상기와 같은 회로구성시 전체의 임피던스와 측정하고자 하는 션트(Shunt) 값과의 매칭에 유의한다.

<69> 다음으로, 상기 도 2 및 도 4a,b의 등가회로를 참조하여 본 발명에 의한 센서의 특성을 살펴본다.

<70> 상기 도 4b에서 RLC 공진회로부의 임피던스 Z_{ab} 는 다음의 수학식 1과 같이 정의된다.

<71>

$$Z_{ab} = \frac{1}{sL1} + \frac{1}{\left(R1 + \frac{1}{sC1}\right)} = \frac{sL1 \cdot \left(R + \frac{1}{sC1}\right)}{sL1 + \left(R + \frac{1}{sC1}\right)} = \frac{s^2L1C1R1 + sL1}{s^2L1C1 + sC1R1 + 1}$$

【수학식 1】

<72> 이어서, 상기 RLC 공진회로부에 걸리는 전압 V_{ab} 는 다음의 수학식 2와 같이 정의된다.

<73>

$$\begin{aligned}
 V_{ab} - V_{L2} &= \frac{Z_{ab}}{sL2 + Z_{ab}} \cdot V_{in} = \frac{\frac{s^2 L1 C1 R1 + sL1}{s^2 L1 C1 + sC1 R1 + 1}}{sL2 + \frac{s^2 L1 C1 R1 + sL1}{s^2 L1 C1 + sC1 R1 + 1}} \cdot V_{in} \\
 &= \frac{s^2 L1 C1 R1 + sL1}{s^3 L1 L2 C1 + s^2 (L1 C1 R1 + L1 C1 R1 + L2 C1 R1) + s(L1 + L2)} \cdot V_{in}
 \end{aligned}$$

【수학식 2】

<74>

그리고, 저항(R1)의 양단전압인 출력전압(Vout)은 다음의 수학식 3와 같이 정의된다.

<75>

$$V_{out} = \frac{R}{\frac{1}{sC1} + R} \cdot V_{ab}$$

【수학식 3】

<76>

상기의 수학식 2와 수학식 3으로부터, 본 발명에 의한 센서(20)의 전달함수(Vout/Vin)를 구하면 다음의 수학식 4와 같이 정의된다.

<77>

$$V_{out}/V_{in} = \frac{(C1 R1^2) s^3 + R1 s^3}{(L2 C1 R1) s^4 + (L2 + C1 R1^2 + \frac{L2}{L1} C1 R1^2) s^3 + 2R1(1 + \frac{L2}{L1}) s^2 + \frac{1}{C1} + \frac{L2}{L1 C1}}$$

【수학식 4】

<78>

상기 수학식 4에 보인 전달함수는 도 1에 보인 센서(10)와 도 2에 보인 센서(20)에 동일하게 적용된다.

<79>

상기로부터 센서를 구성하는 소자들의 값을 적절하게 설정할 수 있으며, 예를 들어, 대략 10^7 [rad/sec]의 주파수 대역에서 최대 감도를 갖는 경우, 제1인덕터(L1)은 1.677mH , 제2인덕터(L2)는 29.9\mu H , 제1캐패시터(C1)은 514pF , 제2캐패시터(C2)는 300pF , 저항(R1)은 2k\Omega 으로 설정된다.

<80> 도 6은 PD 측정기(calibrator)의 측정을 통해 본 방전량별 본 발명에 의한 하이브리드형 부분방전 검출센서의 출력전압과의 관계 그래프로서, 여기서, 방전량은 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100pC 씩 증가시키고, 이에 따른 하이브리드형 부분방전 검출센서의 응답특성을 인벨로프(envelop) 모드로 128번 데이터를 축적한 후 피크-피크 값의 평균을 구한 것이다.

<81> 상기 도 6에 나타난 데이터의 추세선 식을 구해보면 다음의 수학식 5과 같이 나타난다.

$$<82> \quad y = 3.4877x + 3.0437$$

$$【수학식 5】 \quad R1^2 = 0.9997$$

<83> 여기서, y는 본 발명에 의한 센서의 제1,2출력단자(13,14)로 출력된 전압이고, x는 측정된 방전량을 나타낸다. 따라서, 본 발명에 의한 센서의 출력전압을 상기 수학식 5에 보인 식에 대입함으로서, 고주파 부분방전량을 산출할 수 있다.

<84> 다음으로, 도 7은 상기 도 6에서의 측정시, 제1,2출력단자(13,14)로 출력된 신호의 스펙트럼 분석을 주파수별 방전량별로 측정하여 보인 것으로, 1~3MHz 대역의 신호에서는 2pC이하의 감도를 지님을 알 수 있다.

<85> 그리고, 도 8의 (a), (b)는 유중 코로나 방전에 대한 본 발명에 의한 센서의 검출상태를 실험한 것으로서, 스펙트럼 분석기로 max hold 기능을 이용하여 1~1.5 GHz 대역을 10분간 연속 측정한 결과를 보인 것으로서, 이를 볼때 본 발명의 센서가 진성 PD(Partial Discharge)를 검출가능한 대역은 S/N 비를 고려하여 1 ~ 200MHz 로 나타난다.

<86> 그리고, 도 9의 (a)~(f)는 상기 하이브리드형 센서(10)를 이용한 방전량별 오실로스코 측정파형을 보인 것으로서, 도시된 바와 같이, 방전량이 작은 경우에도 상기 센서(10)의 응답 특성이 좋게 나타남을 볼 수 있다. 또한, 높은 S/N비는 상기 센서(10)의 감도특성이 높다는 것을 나타낸다.

<87> 또한, 도 10은 본 발명에 따른 하이브리드형 센서로 검출한 유중 코로나 방전의 단일샷 (single shot)을 보인 것으로서, 상기 도면으로부터 측정파형에 전원노이즈의 유입이 없고, 진동(oscillation)이 적음을 알 수 있다.

<88> 도 11의 (a) 내지 (c)는 본 발명에 의한 센서의 시간변화별 출력신호를 나타낸 스펙트럼 도로서, (a)는 초기의 주파수 대역이 검출될 확률을 보이고, (c)는 소정의 시간이 경과한 후의 주파수 대역 검출확률을 보이는 것으로서, 도 11의 (c)에 나타난 바와 같이, 시간이 지날 수록 점차 도 7와 같은 측정파형을 갖게 됨을 알 수 있다.

<89> 이상의 테스트 결과를 볼 때, 본 발명에 의한 하이브리드형 부분방전 검출 센서는 전원 노이즈를 포함한 저주파수의 주변노이즈 성분의 유입이 적으며, 신호 대 잡음비가 커서 측정감도가 높으며, 사고발생에 따른 대전류의 유입으로부터 안전을 도모할 수 있다는 것을 알 수 있다.

<90> *실험1

<91> 본 발명에 의한 하이브리드형 센서를 이용하여 침대평판 전극 구조의 공기중 방전을 측정한 실험을 실시하였다. 이 실험은 도 12에 도시한 바와 같이 전류방향과 수직되도록 검사대상인 침대 평판 전극(121)의 접지측에 본 발명에 의한 센서(122)를 설치하여 수행되었으며, 본 발명에 의한 센서의 성능을 객관적으로 비교하기 위하여, PD(Power Diagnostics) 사가 상품화하여 국제적 고주파부분방전 측정장비로 인정받고 있는 범용 CT 센서를 이용하여 동일한 측정 대상에 대한 측정결과를 비교한다. 상기 실험에서 부분방전 측정 주파수 대역은 1MHz ~ 100MHz이다. 상기 PD사의 CT센서도 동일한 위치에 설치되었다.

<92> 도 13은 도 12와 같이 설치된 두 센서의 측정감도를 비교하여 나타낸 것으로서, CH1은 본 발명에 의한 센서의 측정감도를 보인 것이고, CH2는 PD사의 100MHz용 CT센서의 측정감도를 나타낸 것이다. 상기 도 13의 코로나 실측 파형에서 볼수 있듯이, 16pC의 같은 방전량을 발생시키고 같은 위치에서 동시에 측정하였을 때, 동일 조건에서 PD사의 CT센서는 코로나 방전을 측정하지 못하는 반면에 하이브리드형 센서는 높은 신호대잡음비로 코로나를 검출하는 것을 알 수 있다. 또한, 도시된 파형으로부터 본 발명에 의한 센서의 측정결과에는 전원주파수의 유입도 없음을 알 수 있다.

<93> 그리고, 도 14는 하나의 코로나 방전신호에 대한 PD사의 CT센서의 측정파형(CH2)과, 하이브리드형 센서의 측정파형(CH1)을 나타난 것으로, 도시된 바와 같이, 본 발명에 의한 센서에서는 출력파형 자체가 전형적인 션트(Shunt)형 센서의 응답파형과 유사하게 나타나는 반면에 CT형 센서에 비하여 진동과 전원노이즈 성분이 크게 감소한 것을 알 수 있다. 이에 반하여, PD사의 CT형 센서는 부분방전을 전혀 검출하지 못했다.

<94> 실험2

<95> 이어, 본 발명에 의한 하이브리드형 센서를 이용하여 전동기 고정자의 권선과 요크의 절연상태 측정하기 위하여 부분방전량을 검출하는 실험을 실시하였다.

<96> 이때, 전동기에서 발생되는 부분방전 검출 시험을 위한 시료는 효성에서 제조되는 50마력의 전동기를 이용하였다.

<97> 그리고, 도 15에 도시한 바와 같이, 상용전원(220V)을 전동기(125)에서 요구되는 구동전압(직류 또는 교류)으로 변압하는 변압기(121)와, 상기 변압기(121)로부터 전원이 인가되는 권

선부와 접지되는 요크로 이루어지는 전동기(125)에 있어서, 상기 전동기(125)에 병렬로 쿠플링 캐패시터(122)를 연결하고, 이에 분압기(123)와 센서(124)를 결선하고, 차폐실내에서 시험을 실시하였으며, IEC270 방식을 이용한 HALFEY의 TE571 장비의 비교측정하였다.

<98> 도 16은 50마력의 전동기(125)에서 검출된 부분방전 신호를 보인 파형도로서, 인가전원의 정극성과 부극성 최대값에서 부분방전이 발생되는 것을 볼 수 있다. 여기서 CH2의 전원파형은 분압기를 이용한 것으로서 인가전원과 하이브리드형 센서의 인덕턴스 성분으로 인한 위상지연을 확인하기 위한 것으로, 측정결과, TE571과 하이브리드형 센서 모두 동상으로 위상지연이 나타나지 않았다.

<99> 상기에서, 본 발명의 하이브리드형 센서가 측정회로 위상에 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다.

<100> 다음으로, 도 17은 전동기의 고정자에서 측정된 부분방전 검출신호의 파형도로서, 부분방전의 발생 범위가 정확히 정극성과 부극성 최대값에서 발생하였으며, 신호대잡음비와 감도가 좋으며 노이즈 성분의 신호는 다른 위상에 발생되지 않음을 볼 수 있다.

<101> 이러한 결과들로부터, 부분방전을 측정하는데 있어서, 종래의 CT센서보다 본 발명의 하이브리드형 센서가 감도, 신호대잡음비 및 파형의 형태등 기술적으로 고려되어야 하는 요소들에 대하여 우수하다는 것이 입증된다. 또한, 전동기의 부분방전 측정 실험에서도 센서자체의 임피던스로 인한 위상변화가 나타나지 않았으며, 측정시 신호와 잡음을 구분할 수 있는 감도가 높음이 확인되었다.

<102> 도 18은 종래의 CT센서 및 션트센서와 본 발명의 하이브리드형 센서의 응답곡선을 비교한 것으로서, (a)는 종래 CT센서의 응답곡선이고, (b)는 종래 션트 센서의 응답곡선이며, (c)는 본 발명에 의한 하이브리드형 센서의 응답곡선이다.

<103> 상기 비교된 바와 같이, CT센서의 경우는 9.6MHz 부근에서 최대 공진이 발생하고, 션트 센서는 전대역에 걸쳐 선형적인 특성을 보이는데 반하여, 본 발명의 하이브리드 센서는 1~3MHz 대역에서는 2pC 이하의 감도를 나타내는 것으로서 그 이외의 대역과 뚜렷한 차이가 있음을 알 수 있다.

<104> 도 19는 종래의 CT센서 및 션트센서와 본 발명의 하이브리드형 센서의 방전량대비 출력 전압을 비교한 것으로서, 도시된 바와 같이, 응답크기는 CT센서 > 션트센서 > 하이브리드형 센서 순으로 나타난다. 상기에서 CT센서의 응답이 가장 큰 것은 그 측정방법이 피크-피크 이기 때문에 진동이 가장 큰 CT센서의 정(+) / 부(-) 모두 합하여 가장 크게 나타나기 때문이다. 그러므로, 이를 감안할 때, 실제 응답크기는 션트센서 > CT센서 > 하이브리드형 센서 순으로 나타난다.

<105> 도 20은 유중 코로나 방전 측정시의 CT센서와 션트센서 및 본 발명의 하이브리드형 센서 별 단일샷(single shot)을 비교한 것으로서, (a)는 CT센서의 파형이고, (b)는 션트센서의 파형이고, (c)는 하이브리드형 센서의 파형으로서 도시된 바와 같이, CT센서의 측정파형에는 진동이 많이 발생하는데 반하여, 하이브리드형 센서에서는 보다 적은 진동을 포함하는 빠른 응답특성을 얻을 수 있음을 볼 수 있다.

【발명의 효과】

<106> 상술한 바와 같이, 본 발명에 의한 하이브리드형 부분방전 검출센서는 CT센서보다 오실레이션 이 적으며 측정감도가 좋고, 전원노이즈를 포함한 주변노이즈에 대한 제거효과가 높아 센트센서에 비하여 신호대잡음비가 높으며, 특히 사고발생시 서지전압이 계측장치에 유입되는 경우 센서를 보호하여 장치의 안정성을 확보할 수 있는 우수한 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

전력기기의 고주파 부분방전을 검출하는 센서에 있어서,

검사 대상 전력기기의 측정점에 전기적으로 연결되어 검사대상 전원신호가 입력되는 제1측정단자;

접지에 연결되어 검사대상 전원신호가 출력되는 제2측정단자;

상기 제1측정단자와 제2측정단자 사이에 구비되고, 유도성 리액턴스 성분을 포함하는 낮은 임피던스로 구현되어 저주파 신호가 통과하는 제1경로를 형성하는 제1 임피던스 형성부;

상기 제1측정단자와 제2측정단자의 사이에 상기 제1 임피던스 형성부와 병렬로 연결되고, 용량성 리액턴스 성분을 포함하는 높은 임피던스값을 갖고 있어 고주파의 부분방전 전류가 통과하는 제2경로를 형성하는 제2 임피던스 형성부;

상기 제2임피던스 형성부와 제2측정단자 사이에 직렬로 연결되어 제2경로로 통과하는 고주파 부분방전 전류량을 소정 형태의 측정신호로 변환하는 검출부; 및

상기 검출부에서 검출된 소정 형태의 +/-측정신호가 각각 출력되는 제1,2 출력단자로 이루어지는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 임피던스 형성부는 상기 제1,2 측정단자에 그 양단이 연결되는 소정 인덕턴스의 인덕터로 이루어지는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 제2 임피던스 형성부는 리드선이 없는 세라믹 캐패시터로 이루어지는 고주파 부분 방전 검출 센서.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 제2임피던스 형성부와 제2측정단자사이에 구비되는 리드선이 없는 칩저항으로 이루어지는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서, 상기 센서는

상기 제1,2 임피던스 형성부와 제2측정단자의 사이에 더미 인덕턴스를 더 구비하여, 접지노이즈를 저감시키는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 6】

제 3 항에 있어서, 상기 세라믹 캐패시턴스는 내압이 10kV 이상인 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 7】

전력기기의 고주파 부분방전을 검출하는 센서에 있어서,

검사 대상 전력기기의 측정점에 전기적으로 연결되어 검사대상 전원신호가 입력되는 제1측정단자;

접지에 연결되어 검사대상 전원신호가 출력되는 제2측정단자;

상기 제1측정단자와 제2측정단자 사이에 구비되고, 유도성 리액턴스 성분을 포함하는 낮은 임피던스로 구현되어 저주파 신호가 통과하는 제1경로를 형성하는 제1 임피던스 형성부;

상기 제1측정단자에 연결되고, 용량성 리액턴스 성분을 포함하는 높은 임피던스값을 갖고 있어 고주파의 부분방전 전류가 통과하는 제2경로를 형성하는 제2 임피던스 형성부;

상기 제2임피던스 형성부와 제2측정단자 사이에 직렬로 연결되어 제2경로로 통과하는 고주파 부분방전 전류량을 소정 형태의 측정신호로 변환하는 검출부;

상기 검출부에서 검출된 소정 형태의 +/-측정신호가 출력되는 제1,2 측정신호 출력단자;
및

상기 제1측정단자와 제2측정단자사이에 구비되고, 용량성 리액턴스로 이루어진 높은 임피던스를 형성하여 서지전류와 같은 초고주파 신호가 통과하는 제3경로를 형성하는 제3임피던스 형성부

로 이루어지는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 제1 임피던스 형성부는 상기 제1,2 측정단자에 그 양단이 연결되는 소정 인덕턴스의 인덕터로 이루어지는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 9】

제 7 항에 있어서,

상기 제2 임피던스 형성부는 리드선이 없는 세라믹 캐패시터로 이루어지는 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 10】

제 7 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 제2임피던스 형성부와 제2측정단자사이에 구비되는 리드선이 없는
칩저항으로 이루어지는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 11】

제 7 항에 있어서, 상기 센서는

상기 제1,2 임피던스 형성부와 제2측정단자의 사이에 더미 인덕턴스를 더 구비하여, 접
지노이즈를 저감시키는 하이브리드형 고주파 부분방전 검출 센서.

【청구항 12】

제 7 항에 있어서, 상기 세라믹 캐패시턴스는 내압이 10kV 이상인 하이브리드형 고주파
부분방전 검출 센서.

【청구항 13】

제 1 항 내지 제 12 항중 어느 한 항에 기재된 고주파 부분방전 검출센서를 검사대상체
와 접지사이에 연결하는 단계; 및

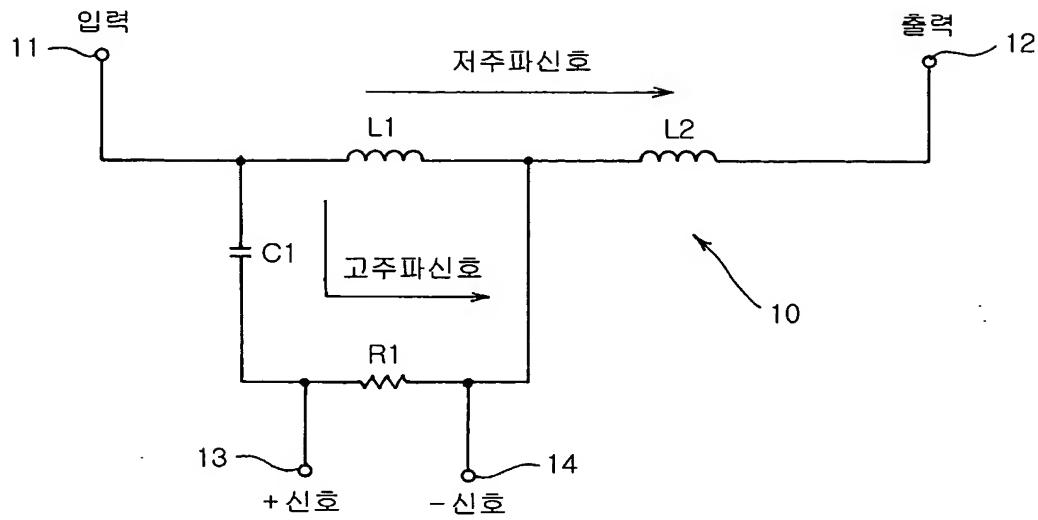
상기 고주파 부분방전 검출센서의 검출부로부터 출력된 출력전압 y 로부터 다음의 수학
식에 의하여,

$$y = 3.4877x + 3.0437$$

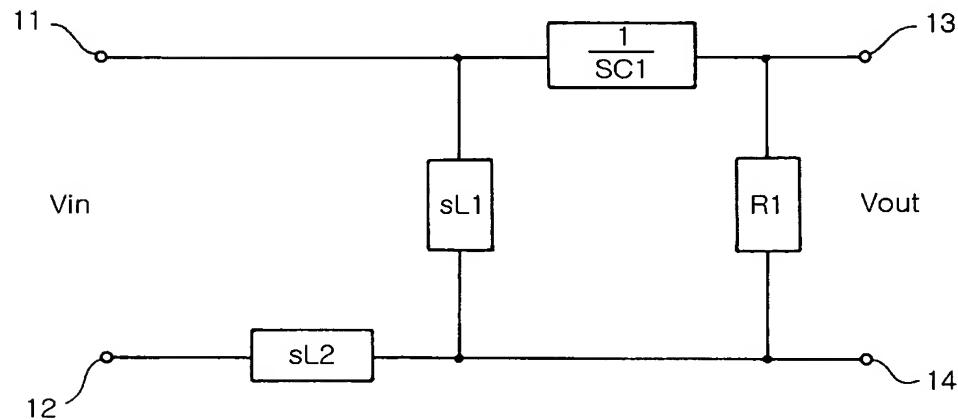
에 의하여, 방전량 x 를 산출하는 단계로 이루어지는 고주파 부분방전 검출센서를 이용한 부분
방전량 검출 방법.

【도면】

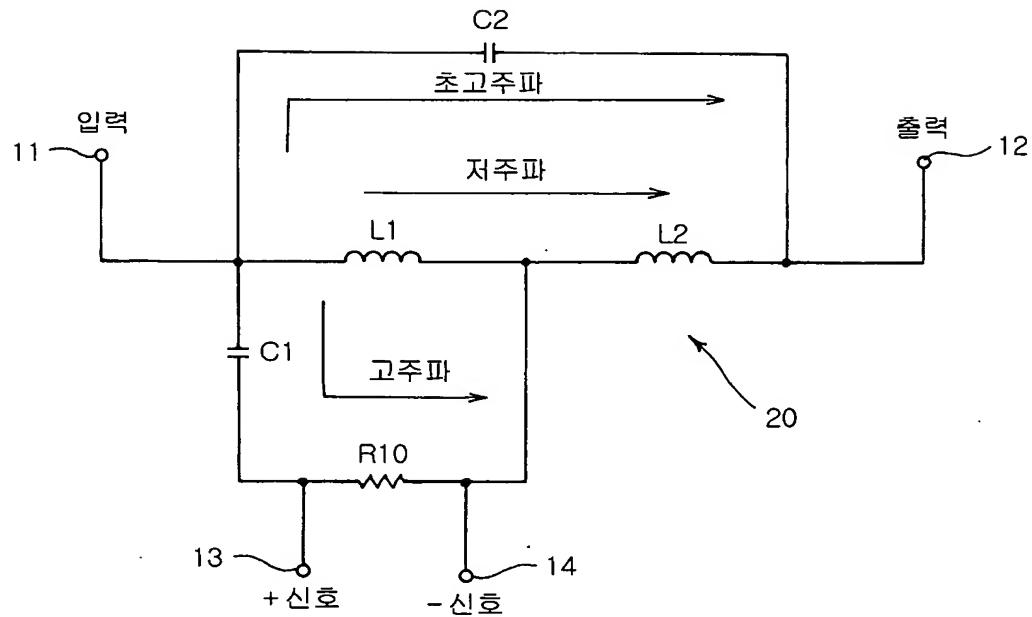
【도 1】



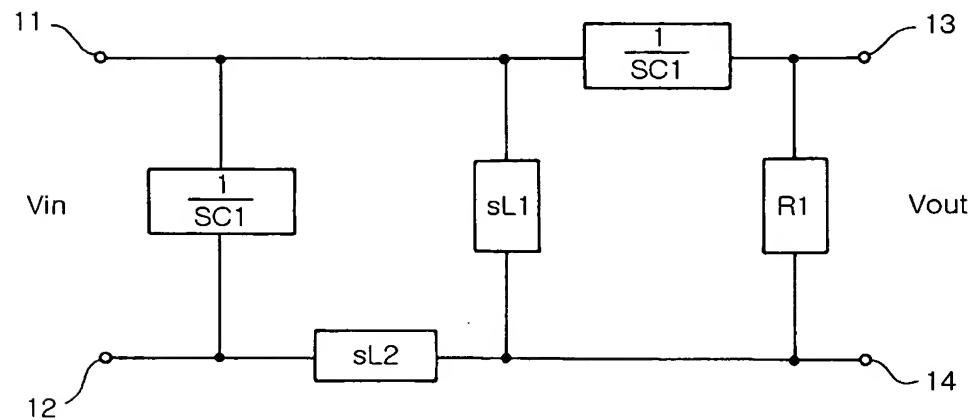
【도 2】



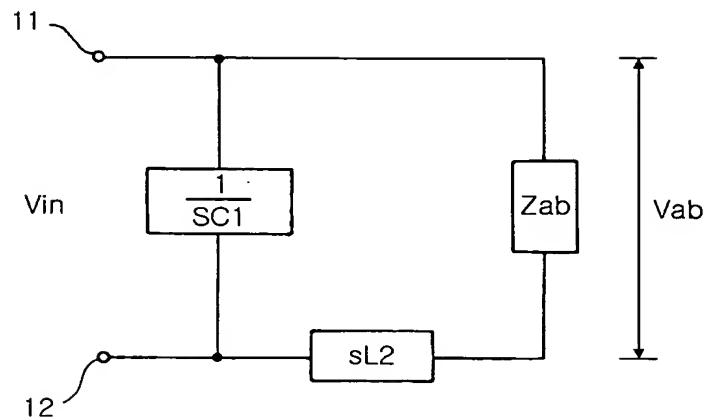
【도 3】



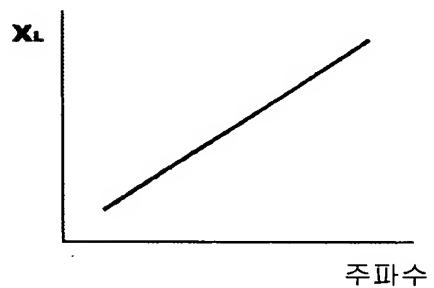
【도 4a】



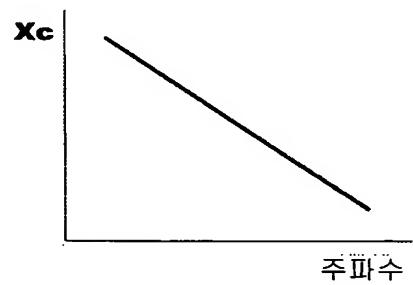
【도 4b】



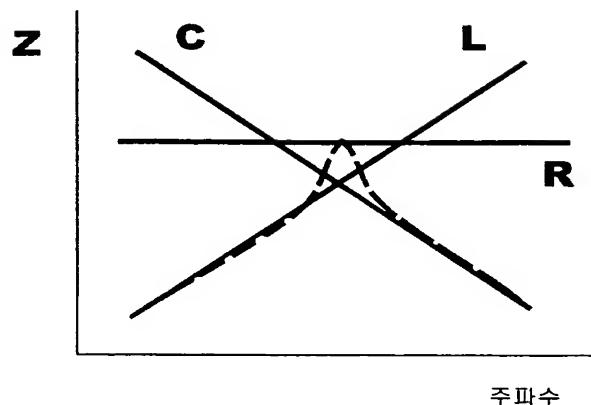
【도 5a】



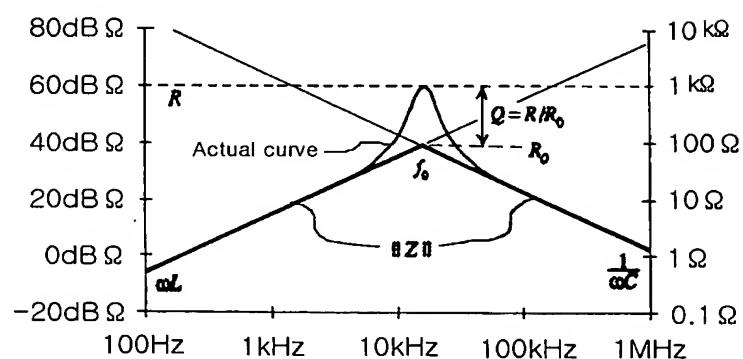
【도 5b】



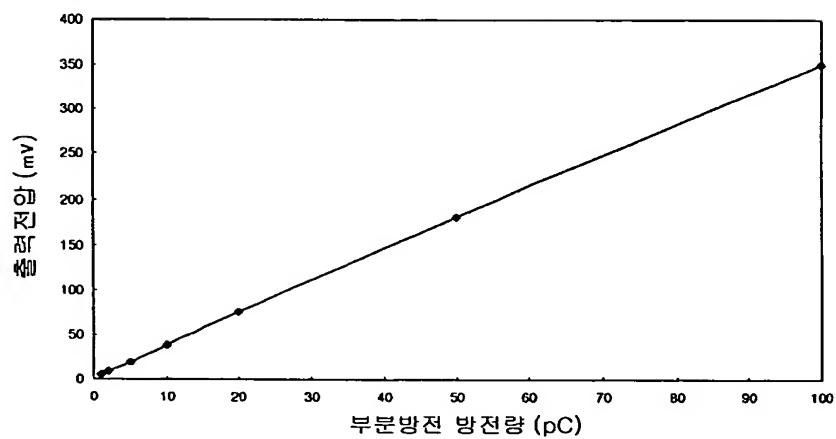
【도 5c】



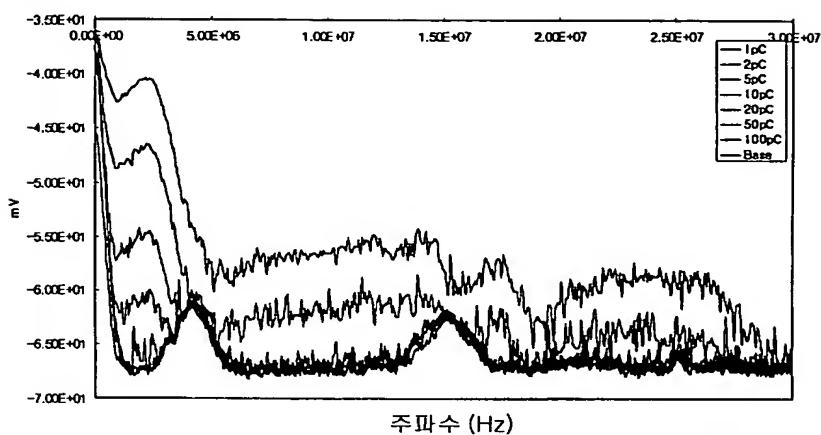
【도 5d】



【도 6】

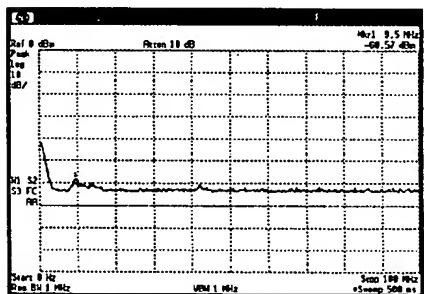


【도 7】

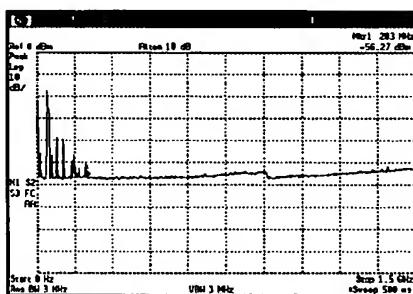


【도 8】

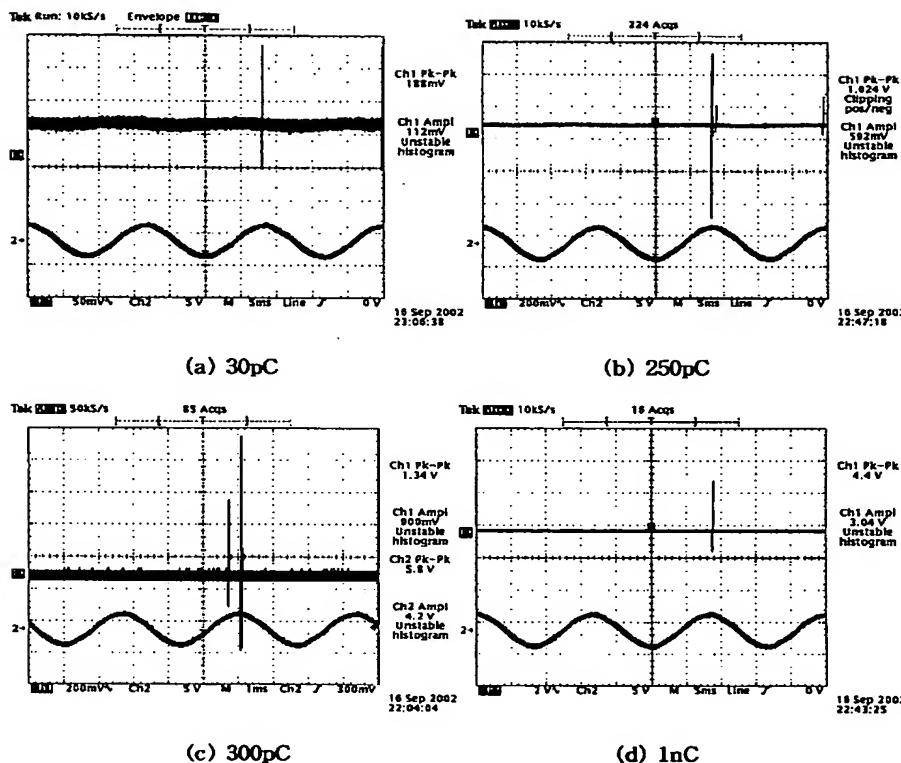
(a)



(b)

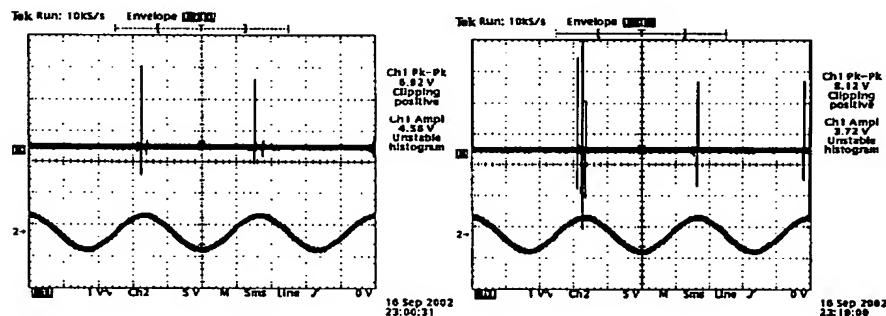


【도 9】

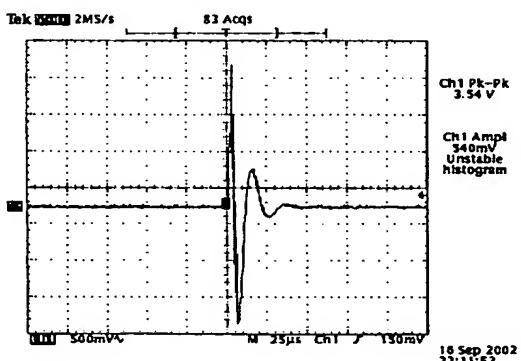


(c) 300pC

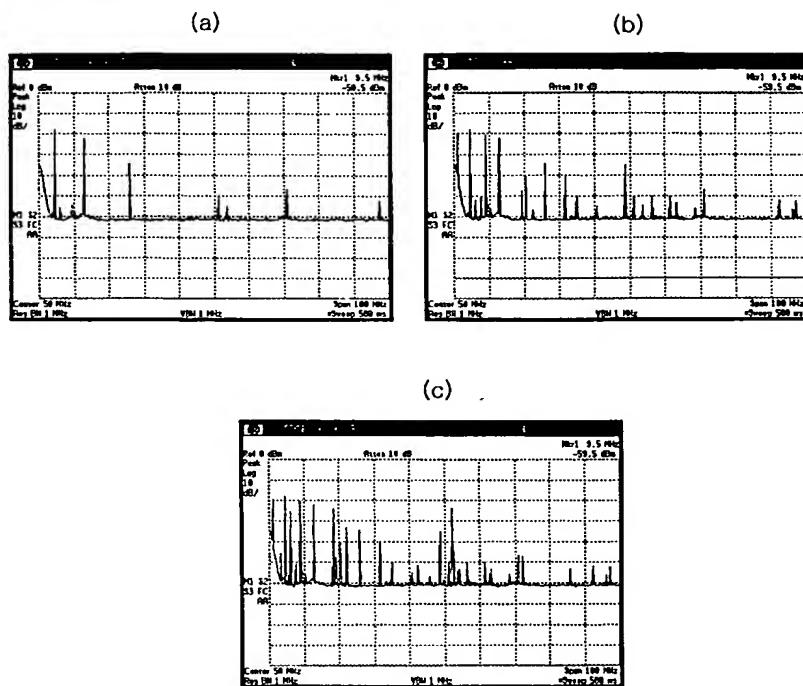
(d) 1nC



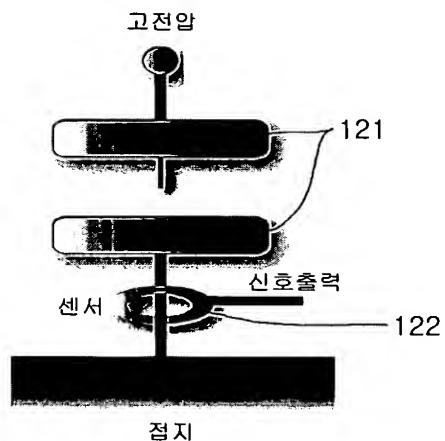
【도 10】



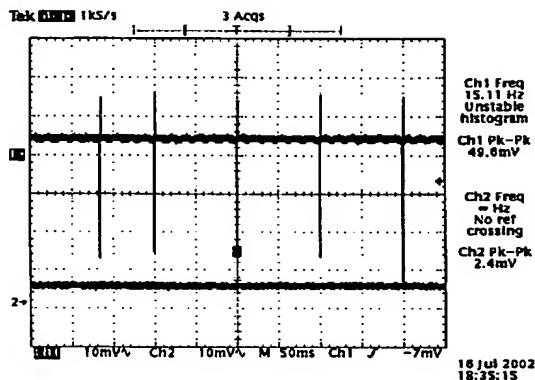
【도 11】



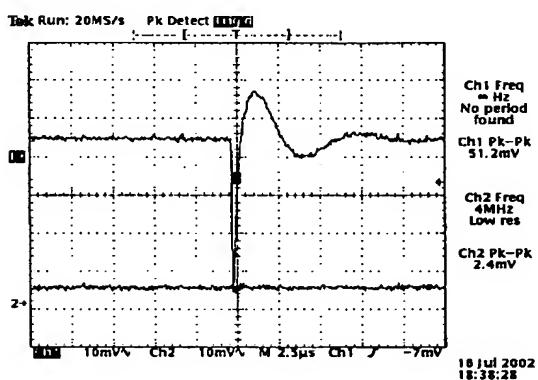
【도 12】



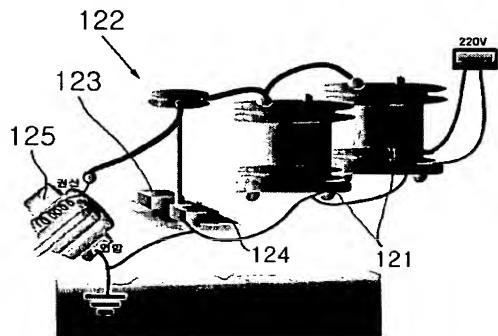
【도 13】



【도 14】



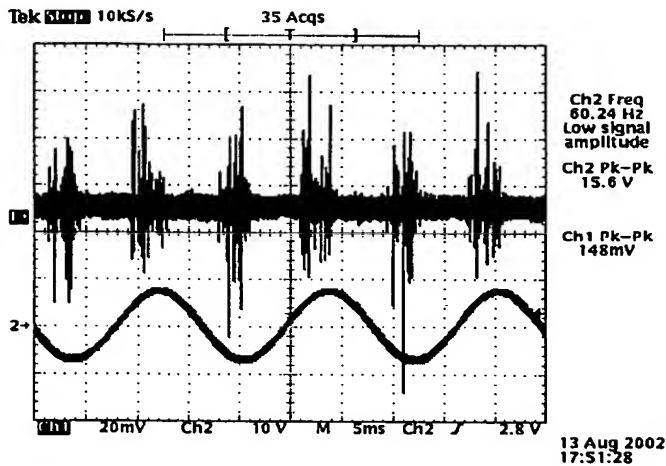
【도 15】



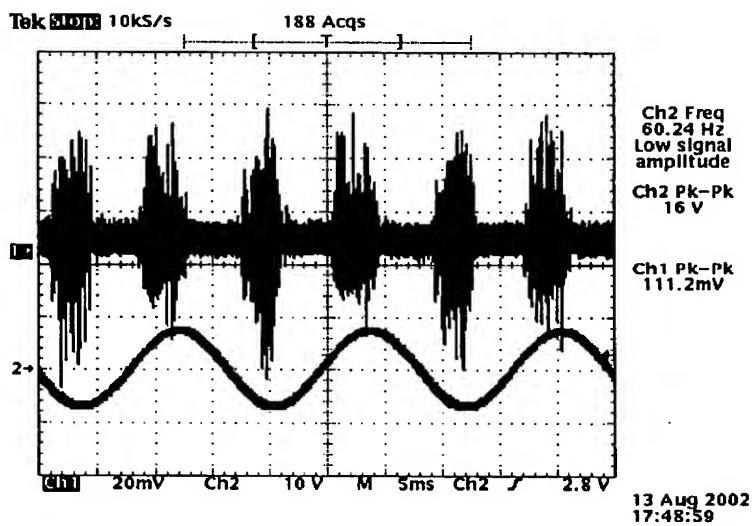
1020030064846

출력 일자: 2003/10/11

【도 16】



【도 17】



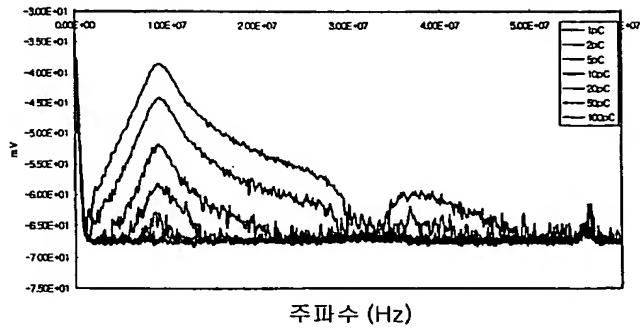


1020030064846

출력 일자: 2003/10/11

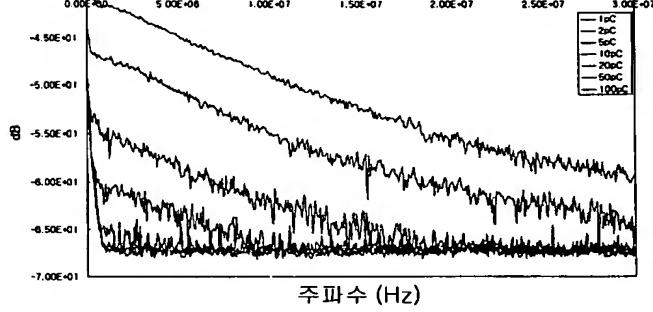
【도 18】

(a)



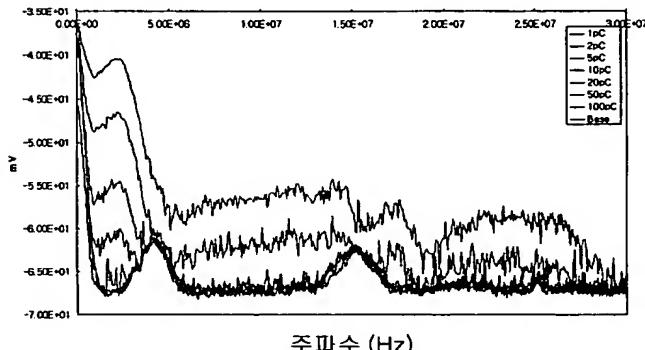
주파수 (Hz)

(b)



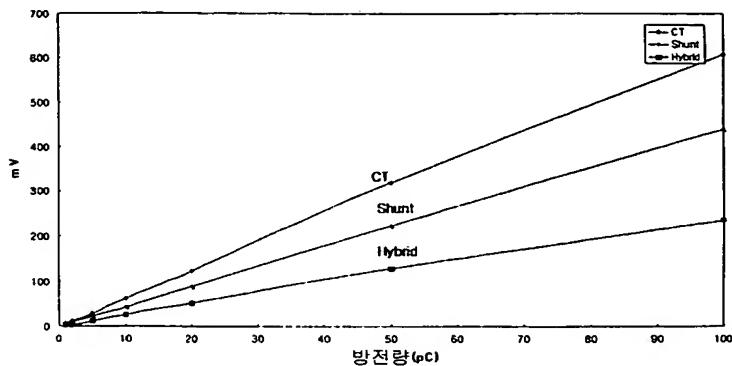
주파수 (Hz)

(c)



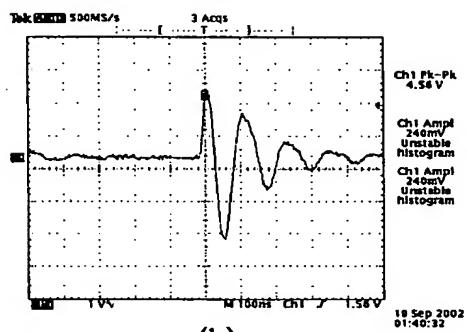
주파수 (Hz)

【도 19】

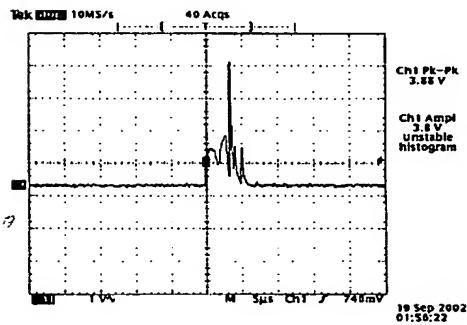


【도 20】

(a)



(b)



(c)

